

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta stavební**

**Katedra geotechniky a podzemního stavitelství**



**Optimalizace návrhu velikosti průzkumné štoly na  
základě použité mechanizace**

**Exploratorion Gallery Optimization Based on  
Tunneling Machines**

**Student:**

**Aleš Vojkovský**

**Vedoucí bakalářské práce:**

**Ing. Lukáš Ďuriš**

**Ostrava 2011**

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě .....

## **ANOTACE**

Tato bakalářská práce se zabývala průzkumnými štolami což jsou liniová podzemní díla sloužící k, inženýrsko-geologickému průzkumu, s důrazem na zhodnocení jejich přínosů či negativ. . Byla rozebrána jejich funkce, klady, zápory, včetně referenčních staveb, kde byly průzkumné štoly využity. V praktické části byl navržen optimální profil pro průzkumnou štolu s ohledem na vybranou mechanizaci a provedeny příslušné výpočty. Z porovnání různých variant profilů vyplynulo, že při vhodném tvaru a umístění štoly může být dosaženo efektivního postupu ražení zvolenou mechanizací při dodržení všech technologických požadavků a průzkumná štola tak může být efektivně a maximálně využita ke svému účelu.

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with the exploration galleries, which are known as the line underground constructions serving to geological – engineering researches. The main aim is to find out about their positives and negatives. It analyses their functions, strenghts and weaknesses and also refers to the constructions where the exploration galleries are commonly used. In practical part, the optimal profile for exploration gallery is designed and the selected mechanization is taken into consideration too. The calculations were also made. Thanks to the comparison of the various options it is now clear that the right choice of the shape and also the right choice of the location of the exploration gallery could certainly help to make the mining process much more effective. The precise observance of those methods leads to positive results and effective piece of work so that the exploration gallery makes the maximum usage of itself.

## **OBSAH**

1	Úvod.....	7
1.1	Referenční stavby .....	11
2	Operace ražení důlních děl.....	16
2.1	Klasické ražení hornickým způsobem s využitím trhačích prací .....	16
2.2	Klasické ražení hornickým způsobem s využitím strojního rozpojování .....	23
2.3	Ražení plnoprofilovými razíci stroji a mechanizovanými štíty.....	27
3	Ovlivnění velikosti průřezu štoly na použité mechanizaci .....	29
3.1	Volba mechanizace .....	29
3.2	Návrh profilů .....	32
4	Závěr .....	39
5	Seznam použité literatury a citace .....	40
6	Přílohy .....	44

## SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

Čas: minuta, sekunda ... [s, min]

Délka: metr, milimetr ... [m, mm]

Energie: Joule ... [J]

Hmotnost: miligram, kilogram, tuna ... [mg, kg, t]

Objem: metr krychlový ... [m<sup>3</sup>]

Obsah: metr čtvereční ... [m<sup>2</sup>]

Přítok: litr za sekundu ... [l.s<sup>-1</sup>]

Rychlost: metr za sekundu ... [m.s<sup>-1</sup>]

Tlak: Pascal, Megapascal ... [Pa, MPa]

Výkon: Kilowat ... [kW]

# 1 ÚVOD

Ražení důlních děl je základním stupněm hlubinného hornictví umožňujícím podpovrchové dobývání užitkových nerostů a realizaci důlních děl v oblasti podzemního stavitelství, které zejména s rozvojem a modernizací infrastruktury liniových děl silničních a železničních staveb a pokračující výstavby metra, nyní vystupují do popředí [1].

Výstavba ražených podzemních objektů zahrnuje veškeré práce spojené s vytvořením podzemních prostor včetně zajištění jejich stability pomocí vyztužování po celou dobu jejich životnosti. Činnosti spojené s rozpojením, naložením a odvozem rubaniny a následné vyztužení výrubu se nazývá ražba. Touto činností se získává v podzemí volný prostor, který umožňuje realizaci plánovaného záměru [2].

Ražení podzemních děl se provádí dvěma základními způsoby:

- Kontinuálně – plnoprofilovými tunelovacími stroji TBM (Full – face tunnel Boring Machine), kde se operace rozpojování horniny, odtěžování a vyztužování provádí souběžně.
- Cyklicky – s pravidelně se opakujícími operacemi (rozpojování, nakládání, odtěžování a vyztužování, pomocné operace), které v souhrnu tvoří jeden cyklus, tedy jeden pracovní záběr (postup ražby).

Tunelovací metody s cyklickým způsobem ražby se v minulosti nejčastěji používaly pro tunelování pomocí Staré Rakouské metody a později Modifikované Rakouské metody, která využívala pilířový systém ražení s postupným otvíráním plného výlomu v celém profilu pomocí dílčích výrubů v příčném řezu, v úseku dlouhém 6 – 8 m. Nevýhodou této metody byla pracnost a velká spotřeba dřeva, protože docházelo k neustálému přebudovávání výztuže, prakticky při každém dílčím výrubu bylo nutno vyměnit výdřevu až do vytvoření plného profilu, kdy mohlo dojít k vybudování definitivního ostění, nejčastěji kamenného. Důležitou funkcí u této metody plnila směrová štola umístěná v patě budoucího tunelu. Plnila funkci dopravní trasy, zajišťovala odvodnění a větrání, a v neposlední řadě sloužila jako úniková cesta.

Další metodou je prstencová metoda, která se využívá pro ražení štol a tunelů kruhového profilu. Razí se plným profilem na délku prstence nebo tubingu. Čelba se provizorně

nevyztužuje, maximálně se předrážejí před čelbu ploché piloty. Po provedení výlomů se ihned osazuje definitivní ostění z prefabrikátů. Je vhodná pro menší průřezy podzemních staveb.

V současnosti je nejrozšířenější metodou Nová Rakouská tunelovací metoda (NRTM), která využívá myšlenky, že hlavním nosným prvkem je hornina. Vyznačuje se vytvořením dočasného ostění pomocí stříkaného betonu a rámu s ocelovými sítěmi, za případného použití svorníků; tento celek tvoří primární ostění. Čelba tunelu je průřezově rozčleněna buď horizontálně na kalotu, opěří a dno a tyto části se razí v potřebném časovém předstihu od shora dolů anebo v případě obtížnějších geologických podmínek se člení vertikálně, kdy se výše uvedené části rozčlení na tři díly, čímž vzniknou vertikální opěry tvořené výztuží opěrových štol. Tímto se výrazně zmenší rozpětí horní klenby (kaloty), což usnadňuje její ražbu. Horizontální a vertikální členění lze vhodně kombinovat. Vhodným sledem postupu ražby jednotlivých částí ražených dílčích čeleb po délce tunelu je dosaženo optimálního postupu. Definitivní vyztužení tunelu díla se provádí v úsecích a je tvořeno sekundárním ostěním z prostého betonu či železobetonu. Pro úspěšné zvládnutí této technologie a naddimenzování jak primárního, tak sekundárního ostění, je získání dostatečného množství informací o horninovém masivu z hlediska geologie a hydrogeologie. K tomuto účelu je nejlepším řešením právě průzkumná štola.

Dalším z odvětví, kde se můžeme setkat s podzemními raženými díly je hlubinné hornictví, jehož cílem je především hospodárné vydobytí užitkového (vyhrazeného) nerostu bez zbytečných ztrát. V současné době se v České republice hlubinné dobývání nerostů soustřeďuje zejména na dobývání černého uhlí společností OKD a.s. a poslední hnědouhelný hlubinný důl Centrum, provozovaný společností Důl KOHINOOR a.s. ze skupiny Czech Coal. Tento důl těží zhruba 280 tisíc tun uhlí pro teplárnu Unipetrol [3].

OKD a.s. vytěží na čtyřech dolech (ČSM, Doubrava, Karviná a Paskov) přes 11 miliónů tun černého uhlí ročně [4].

U podzemního stavitelství a při činnosti prováděné hornickým způsobem se jedná o vytváření objektů, jako například tunely a stanice metra, silniční a železniční tunely, vodní přivaděče, kolektory, podzemní zásobníky plynu, podzemní úložiště jaderných odpadů atd.

Nedílnou součástí podzemního stavitelství, zvláště pak u důležitých liniových podzemních staveb jsou průzkumné štoly, které jsou ve složitém geologickém prostředí asi nejdokonalejší průzkumnou metodou, která nám poskytne důležité informace. Průzkumná štola je definována



jako samostatné definitivní dílo umístěné většinou v profilu nebo mimo profil budoucí stavby. Musí být vhodně umístěna v budoucím profilu díla a měla by mít velikost do 16 m<sup>2</sup>, délka bývá různá. Pokud je tato štola proražena po celé délce budoucího díla, můžeme ji využít k odvodnění, větrání a všeobecnému zlepšení pracovních podmínek při ražení finálního profilu. V některých případech může být umístěna i mimo profil budoucího tunelu a sloužit jako úniková chodba, prostor pro stavbu středního pilíře apod.

Ražení samotné štoly se skládá z pracovních úkonů, které se cyklicky opakují a tvoří společně pracovní cyklus. Tyto cykly bývají narušovány zkouškami, kterými zjišťujeme potřebné informace a vlastnosti o horninovém masivu, dále pak rozrážkami a dalšími úkony. Výstavba průzkumných štol bývá dosti finančně nákladná, ale jejich význam v oblasti průzkumu je značný díky množství údajů, které nám slouží při tvorbě projektu a umožňují nám zjistit případné komplikace a rizika, o kterých bychom při jiné metodě průzkumu nevěděli.

Výhody průzkumných štol:

- Umožňují získání nejlepší představy o stavbě horninového masivu (směr a sklon diskontinuit, poruchy masivu, skladba, petrografické složení).
- Můžeme v nich realizovat různá měření in-situ.
- Umožňují provádět různé technologické zkoušky, důležité pro budoucí výstavbu díla (vrtatelnost, trhatelnost, stanovení délky zabírky, způsob zajištění a vyztužení výrubu, ověření navržené razící metody).
- Působí jako odvodňovací dílo, což zlepšuje pracovní podmínky při ražení.
- Technologické využití štoly a při celkové prorážce využití k větrání.

Nevýhody průzkumných štol:

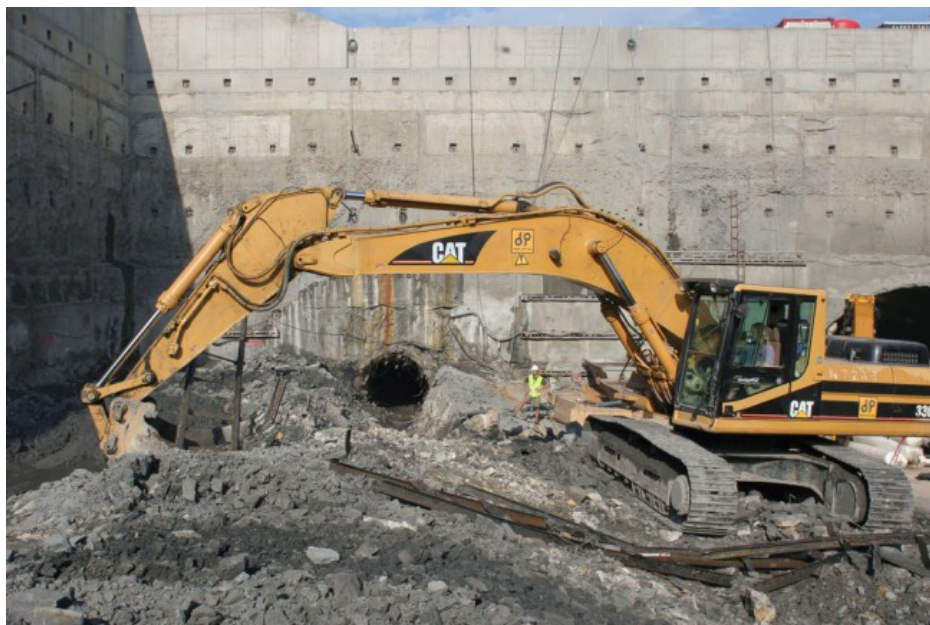
- Ražení je finančně nákladné a značně zdlouhavé.
- Vlivem ražby štoly dochází k částečné změně primární napjatosti v horninovém masivu.

Průzkumnou štolu je vhodné vystavět při složitých geologických podmínkách a nepřístupném terénu nad dílem, dále pak v městské zástavbě a při nízkém nadloží, při vysokém nadloží a při použití štoly k jinému účelu, například jako úniková cesta.

Příčný průřez by měl být ekonomický, v praxi to znamená, že čím větší profil štola má, tím dražší a pomalejší je její realizace. Štola musí splňovat bezpečnostní podmínky při práci, průjezdné profily mechanizace, bezpečnostní mezery. Ideální příčný průřez by se měl pohybovat cca kolem 13 – 16 m<sup>2</sup>, což ale bývá často překračováno, zejména z důvodu použité mechanizace.

V průzkumných štolách můžeme použít mnoho metod monitoringu a měření, mezi hlavní z nich patří:

- Vlastní IG průzkum (zkoušky a vzorky) a geologická dokumentace
- Konvergenční měření v štolě
- Měření napětí na kontaktu výztuže (stříkaný beton) a horniny
- Napětí v provizorní výztuži
- Měření pevnosti stříkaného betonu
- Měření únosnosti svorníků
- Extenzometrická a inklinometrická měření
- Měření deformace na povrchu
- Ověření účinků trhacích prací



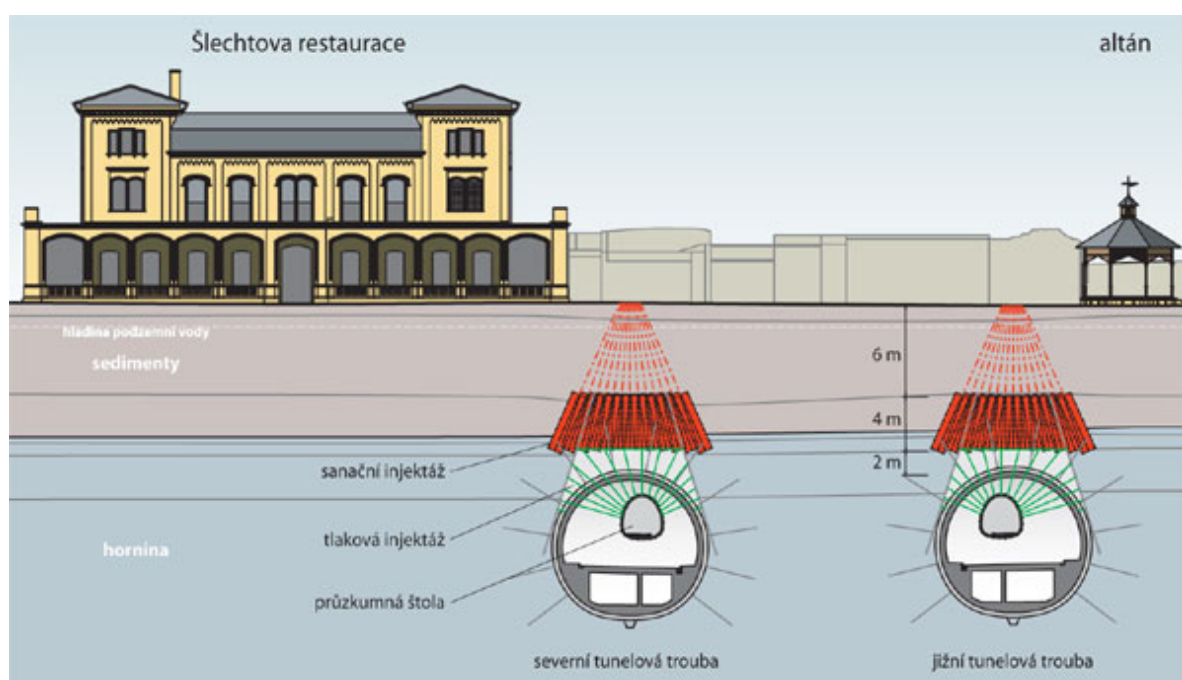
*Obr. 1: Portál tunelu Blanka (Praha) s viditelnou průzkumnou štolou [5].*

## 1.1 Referenční stavby

V České republice a Slovensku byly průzkumné štoly vystavěny, například na těchto dílech:

### Průzkumná štola na tunelu Blanka

V prostoru pod Stromovkou byla vyražena průzkumná štola kvůli obtížným geologickým podmínkám. Tunely se zde razily ve zvodněné říční terase Vltavy. Celková délka štoly dosáhla 2 150 m. V převážné délce je štola vedena v profilu jižní trouby. Pod Vltavou a v závěrečném úseku na Letné byla kvůli obtížným podmínkám štola vyražena i v profilu severní tunelové trouby. Jedním z největších problémů byla zvodnatělost horninového prostředí, celkový přítok do štoly činí až  $65 \text{ l.s}^{-1}$ . Řešení této situace je znázorněno na obrázku č. 2. [6].



Obr. 2: Znázornění řešení sanačních prací [7].

## Průzkumná štola tunelu Komořany, Vestec – Lahovice

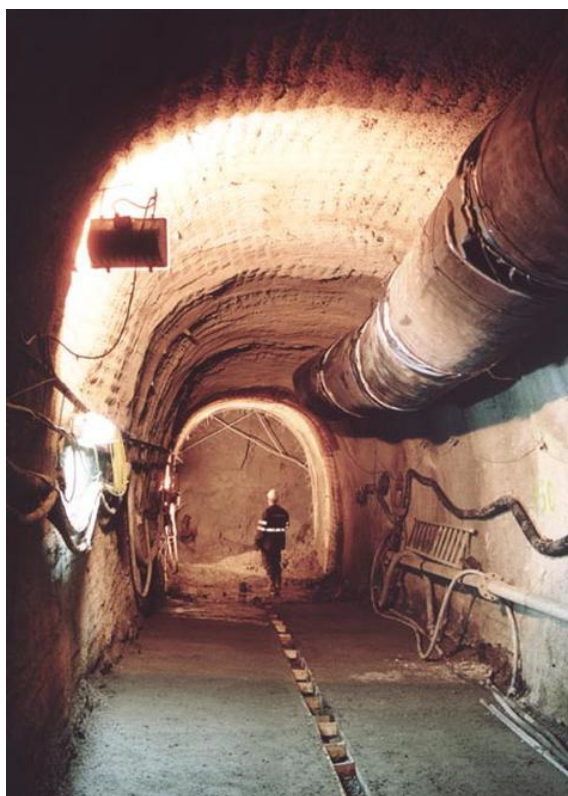


*Obr. 3:* Čelba kaloty třípruhového tunelu s profilem průzkumné štoly [8].

Ražba této štoly byla zahájena v lednu roku 2004, realizaci prováděla firma Metrostav a. s. Hlavním cílem bylo ověření geologických a hydrogeologických podmínek v místě budoucích tunelových trub. Příčný profil je  $25 \text{ m}^2$ , délka pak 1 313 m. Průzkumná štola byla navržena v přístropí budoucího tunelu a má plnou výšku budoucí kaloty. Ve štole bylo realizováno osm zvětšených geotechnických profilů na celou šíři kaloty v rozmezí délek od 12 do 42 m, plocha výrubu činila  $66 \text{ m}^2$ . Tato rozšíření sloužila po dobu ražby jako výhybny. Štola byla proražena 18. listopadu 2004. [9].

## Průzkumná štola Valík

Ražba této štoly začala v březnu roku 2002, délka štoly, která byla základem pro stavbu dálničního tunelu, činila 438 m. Cílem bylo ověření předpokládaných inženýrsko-geologických poměrů, upřesnění vlastností masivu a zhodnocení hydrogeologických podmínek. Ražba tohoto díla byla dokončena 16. října 2002, stála 35 miliónů korun a prováděla ji firma Metrostav. Zajímavým faktem je, že tato průzkumná štola byla využita pro vybudování betonového opěrného pilíře pro budoucí profily tunelů. [10].



*Obr. 4: Příčný průřez průzkumné štoly tunelu Valík [11].*



### **Průzkumná štola – Dobrovského (Královopolský tunel)**

Ražba probíhala od 1. června 2005 až do 1. července 2006. Hlavním cílem bylo podrobné zjištění geotechnických parametrů horninového prostředí, jež je zde tvořeno málo známými brněnskými jílovci. Dále byly vyzkoušeny technologie ražení a jejich případné dopady na městskou zástavbu. Realizace byla prováděna firmou Subterra a.s. Tunely se prováděly technologií ražby vertikálně a horizontálně členěného výrubu. Této skutečnosti byl podřízen tvar i umístění průzkumné štoly. [12].



*Obr. 5: Obnažená čelba tunelu s viditelnými brněnskými jílovci [13].*

## Průzkumná štola Višňové

Tato průzkumná štola se nachází na Slovensku. Razila se od roku 1998 do roku 2002, kdy došlo k prorážce, a dokončena byla roku 2004. Bude sloužit jako úniková a servisní štola. Náklady na její ražbu činily 700 mil. Slovenských korun. Její délka činí 7 490 m. Razila se od obou portálů, ze západní strany pomocí NRTM s příčným profilem podkovovitého tvaru o ploše výrubu  $11,50 \text{ m}^2$ , z východní strany se razilo pomocí plnoprofilového razicího stroje TBM o průměru 3,5 m a ploše výrubu  $9,6 \text{ m}^2$ . Při ražení byla zjištěna přítomnost proudové podzemní vody, která přitékala do štoly a měla trvalý charakter, přítoky se pohybovaly okolo 120 l/s a tlak vody naměřený na čelbě o hodnotě 3,1 MPa. Největší zaznamenaný přítok do celé štoly představoval 420 l/s. Důsledkem těchto podmínek docházelo k častým závalům. Překonávání těchto skutečností a poruchových zón znamenalo značné prodloužení a prodražení prací a při jejich sanaci bylo využito mnoho různých sanačních metod, jako například zpevňování boků a čelby, injektování a vytvoření mikropilotového deštníku, které se ukázalo jako nejúčinnější. Tento příklad jasně ukazuje smysl použití průzkumných štol. Pokud bychom o riziku tlakové vody nevěděli a nebyli na něj připraveni při ražbě samotného tunelu, mohlo by to ohrozit celou stavbu tunelu a bezpečnost pracovníků. [14].



*Obr. 6: Vstupní portál tunelu Višňové [15].*

## 2 OPERACE RAŽENÍ DŮLNÍCH DĚL

Operace ražení důlních děl probíhá v určitém horninovém prostředí, na kterém je závislá volba výztuže díla a technologie ražení. Použitá technologie určuje typ mechanizace pro jednotlivé činnosti.

Horninový masiv je posuzován z těchto hledisek:

- Stabilita v něm raženého díla.
- Způsob a možnosti rozpojování hornin včetně ostatních technologických operací (nakládání, doprava).
- Možnosti ovlivnění negativních vlastností masivu (injektáže, odvodňování, úprava vlastností masivu, např. zmrazováním).
- Větrání s ohledem na bezpečnostní předpisy a prašnost.
- Anomální jevy – otřesy, průvaly vod, zvodnělé horizonty, stará důlní díla, výskyt plynů atd.
- Petrografická stavba masivu – složení, poruchy, diskontinuity.

Vlastní operaci ražení můžeme u průzkumných štol provádět těmito způsoby:

### 2.1 Klasické ražení hornickým způsobem s využitím trhacích prací

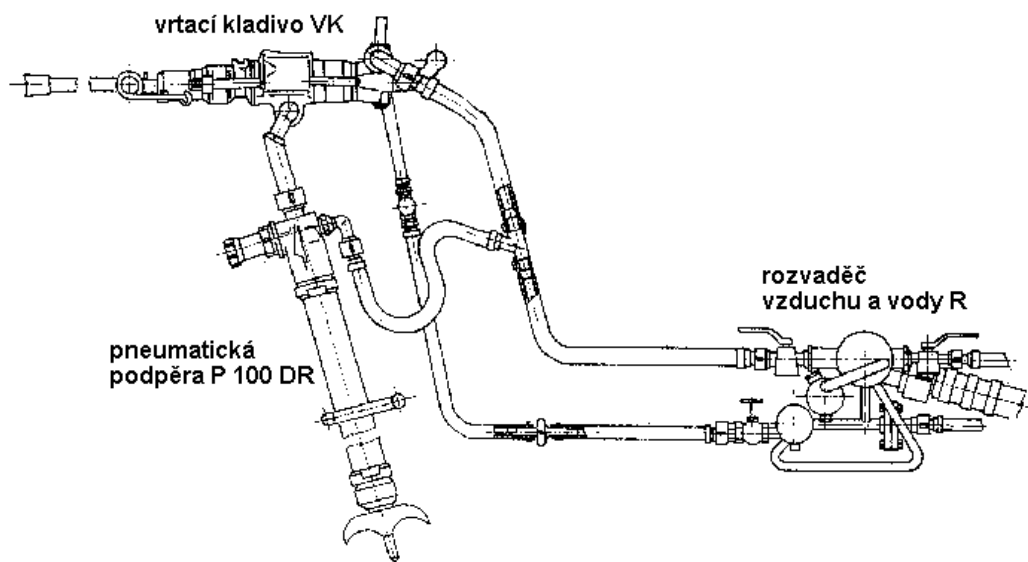
Rozpojování pomocí trhacích prací spočívá ve vyvrtání vývrtů dle vrtného schématu, dále pak nabití těchto vývrtů průmyslovou trhavinou a následné iniciace (roznětem). Vrty se provádí ručně nebo pomocí vrtacích vozů.

#### **Ruční vrtání**

Ruční vrtání už dnes není příliš časté, protože je zdoluhavé, fyzicky namáhané a souvisí s ním řada zdravotních rizik. Je možné ho použít při vrtacích pracích menšího rozsahu. Vrtá se pomocí rotačních nebo rotačně-přiklepných vrtacích kladiv. Ta mají různou hmotnost a jsou podepřena hydraulickou vzpěrou, která stabilizuje polohu kladiva a vytváří na něj dostatečný přítlak. Vrtací kladivo je osazeno vrtnou tyčí a korunkou, tyč je dutá a korunka má



příslušný otvor k výplachu vrtu. Výplach slouží jak k chlazení vrtné korunky, tak k vyplavování horniny z vrtu. Složení a popis takového kladiva s podpěrou je znázorněn na obrázku č. 7.

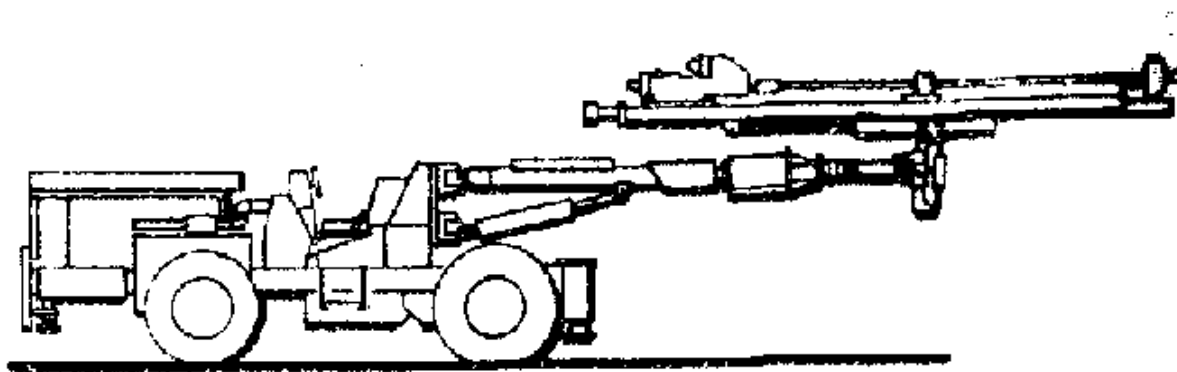


*Obr. 7: Sestava vrtacího kladiva s podpěrou a rozvaděčem [16].*

### **Strojní vrtání**

Strojní vrtání pomocí vrtacích vozů je dnes asi nejčastější metodou používanou při vrtání vývrtů. Výhodou těchto strojů je především rychlost, efektivita a bezpečnost. Vrtací vozy mohou mít jednu až čtyři lafety, které jsou plně otočné a flexibilní. Nejnovější vrtací stroje jsou schopny navádět lafety pomocí laseru podle vrtného schématu a obsluha pouze kontroluje správnost vrtání. Lafety jsou osazeny rotačními nebo rotačně-příklepnými kladivy, na kladivo navazuje stejně jako u ručního vrtání vrtná tyč osazena korunkou a je prováděn výplach. Podvozek může být kolejový, kolový nebo housenicový.

Vrty po obvodu čelby (obrysové vrty) se provádí ve vzdálenosti 0,5 – 0,8 m od sebe a ostatní v četnosti 1 vrt na 1 – 1,5 m<sup>2</sup>. Speciální zálomové vrty v těžišti čelby se vrtají hustěji dle typu zálohu. Průměr vrtu se pohybuje od 17 až do 127 mm. Nejčastěji používaný průměr vrtací korunky je 42 mm, na délku 0,5 – 3 m, podle podmínek ražby. Výrobci vrtacích vozů jsou například firmy Sandvik, Atlas Copco, Tamrock, z českých firem pak Duvas Uni.



*Obr. 8: Vrtná souprava Ingersoll – Rand Drift – Master [17].*

### **Postup při trhavích pracích**

Nabíjení vrtů a iniciace z bezpečné vzdálenosti provádí střelmistr s pomocníky. Střelmistr musí mít zkoušky a povolení. Projekt o povolení trhavích prací schvaluje příslušný Obvodní báňský úřad (Zákon č. 61/1988 Sb. o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě).

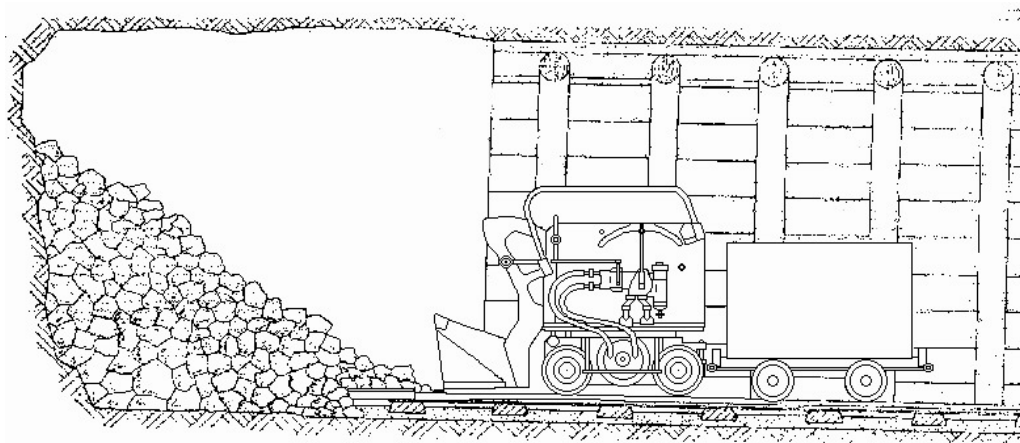
Jednotlivé nálože trhavin se u malých průřezů čelby ručně nabíjejí do vrtů pomocí dřevěné tyče, přičemž první je nabita náložka na dně vrtu s příslušnou časovanou roznětkou v pořadí zálomové vrty, přibírací vrty, obrysové vrty a spodní počvové vrty. Od roznětky vedou na ústí vrtu dva izolované měděné vodiče, které jsou na konci spojené (zkratované). Jednotlivé vrty jsou po nabití utěsněny ucpávkou (zafoukaný písek + jílovitá ucpávka, vodní ucpávka). Střelmistr provede spojení jednotlivých roznětek do série nebo sérioparalelně dle schváleného typu zapojení. Spoje zaizoluje páskou a konce připojí na odpalovací vedení (dvojlinka schváleného typu). Odpalovací vedení spojuje čelbu s místem odpalu, které musí být v bezpečné vzdálenosti, zpravidla 200 až 300 m.

Množství trhaviny je závislé na typu horniny, její pevnosti a požadované fragmentaci rubaniny a na typu průmyslové trhaviny. Pohybuje se od 0,3 do 4,5 kg na m<sup>3</sup>. Střelmistr po odvolání všech pracovníků a zajištění případných dalších přístupů k čelbě hlídkami provede z místa odpalu kontrolu připojení pomocí ohmmetru, připojí roznětnici a provede odpal. Ten proběhne v závislosti na časování rozbušek v rozmezí 2 – 3 vteřin. Po odvětrání čelby provede střelmistr kontrolu provedení trhaví práce zejména s ohledem na její účinnost, úplnost u všech náloží se zaměřením na případné selhávky. O provedené trhaví práci musí být učiněn zápis do příslušné knihy s uvedením času, spotřeby trhaviny a rozbušek a výsledku dané trhaví

práce. U velkých průřezů můžeme použít emulzní trhaviny čerpané pomocí stroje přímo do vrtů, zbytek postupu však zůstává stejný.

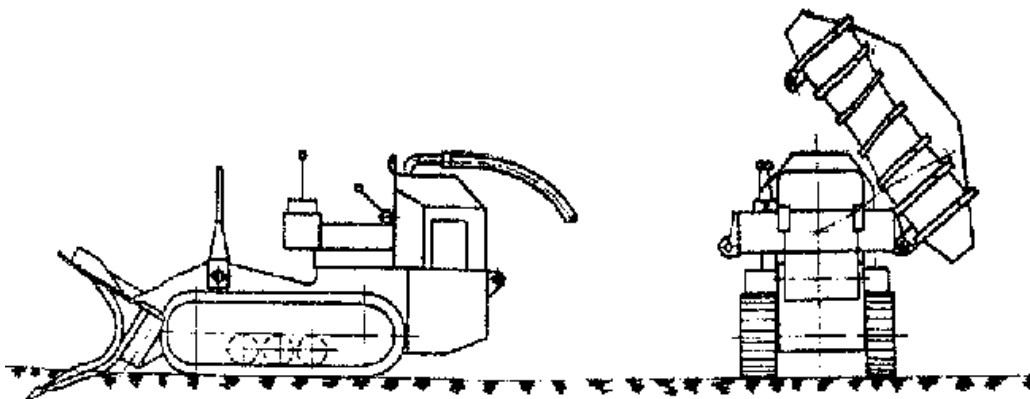
### **Odkliz horniny**

Po odstřelu je třeba rubaninu naložit a odvézt z prostoru čelby, aby mohlo dojít k zajištění výlomu a následnému pokročení zabírky. Nakládání je realizováno pomocí nakladačů. V minulosti se používaly přehazovací nakladače, většinou měly kolejový podvozek a měly pneumatický pohon, princip funkce takového nakladače bylo naložení rubaniny do lžíce a její následné přehození za sebe do připraveného důlního vozu.



*Obr. č. 9: Schéma přehazovacího nakladače [18].*

Dalším druhem nakladačů jsou nakladače s bočním výklopem, mají většinou housenicový podvozek a jsou vybaveny lžicí, která po naložení horniny využívá bočního výklopů do přistavených damprů, nebo důlních vozů.



*Obr. č. 10: Schéma nakladače s bočním výklopem [19].*

Další alternativou jsou pak klasické lžicové nakladače nejčastěji s kolovým podvozkem, dále pak lžicové nakladače zásobníkové, lopatové nakladače přepravníkové nebo nahrnovací nakladače.

Odvoz rubaniny je po naložení realizován podzemními dampry nebo důlními vozy po kolejích. Důlní vozy mohou mít pevnou nebo výsypnou korbu.

Pohon všech strojů je řešen hydraulikou, elektřinou nebo vznětovými motory, pokud podzemní práce neprovádíme ve výbušném prostředí.

### **Vyztužování díla**

Po odklizení horniny je nutno prostor, který jsme zabírkou otevřeli, vystrojit výztuží. Volba vyztužení závisí na stabilitě horniny. Ve skalních horninách mnohdy není výztuž potřeba nebo pouze v určitých místech, ale čím je hornina méně stabilní, tím dokonalejší vyztužení musíme použít.

Mezi nejstarší způsoby patří výztuž dřevěnými dveřejemi. Prostor mezi dvěma rámy je přehrazen pažinami a prostor vyplněn záhozem, aby zatížení bylo přenášeno rovnoměrně. Vyztužování dřevem je však pracné a nákladné. Navíc je dřevo hořlavé, při vyšších vlhkostech citlivé na vlhkost a hnije.

Další variantou je vyztužování ocelovými rámy. Rámová výztuž se vyrábí v několika typech válcovaných profilů (např. K, U, P). Jednotlivé díly rámů jsou dohromady spojeny třmeny a můžeme tak zajistit, aby byla výztuž poddajná či nikoli. Rámy je možno skládat do libovolných tvarů a jednotlivé rámy mohou být otevřené či uzavřené. Prostor mezi rámy je opět vyplněn pažinami (betonové, železobetonové, mřížovina) a záhozem.

Mezi dnes hojně využívanou technologií patří vyztužování svorníky, můžou působit samostatně, nebo v sestavě s mřížovinou a stříkaným betonem. U metody stříkaného betonu můžeme využít příhradových rámů a ocelové mřížoviny, které jsou posléze zastříkány betonem a vytvářejí kompaktní skořepinu, mřížovinu lze nahradit i drátkobetonem. Taková výztuž je horně používána při NRTM. Místo svorníků lze použít i horninové kotvy, je-li to potřeba vzhledem k okolnostem.

Při zvláště nepříznivých podmínkách můžeme použít prefabrikovanou betonovou výztuž, litinové tybinky, či jiné druhy těžké výztuže.

## Pomocné operace

U klasického ražení hornickým způsobem musíme také počítat s časem pro pomocné operace, mezi které patří prodlužování kolejí, pokud používáme vozidla s kolejovým podvozkem, či důlní vozíky na odvoz rubaniny, prodlužování rozvodů elektřiny, stlačeného vzduchu, vody, a v neposlední řadě prodlužování luten, které nám zajišťují větrání.

Separátní větrání se provádí jako sací, foukací, nebo kombinované. Jeho provedení určují Báňské předpisy (Vyhl. ČBÚ č. 22/1988) v platném znění a Vyhl. ČBÚ 165/2002 Sb. o separátním větrání, která stanoví, že pro ražbu důlních děl o projektované délce větší jak 50 m musí provádějící organizace zpracovat projekt separátního větrání, dle přílohy 1. Vyhl. ČBÚ 165/2002 Sb. U kratších důlních děl postačuje popis separátního větrání uvedený v technologickém postupu. Výše uvedená Vyhl. č. 22/1988 Sb. uvádí předepsané složení ovzduší a maximální koncentrace znečišťujících látek. Pro srovnání s touto vyhláškou uvádím maximální koncentraci škodlivin (MAC) [20].

Tab. 1: Porovnání koncentrací škodlivin [21].

Znečišťující látka	MAC	ČBÚ 22/89 Sb.
CO <sub>2</sub> (kysličník uhličitý)	0,5 %	1 %
CO (kysličník uhelnatý)	0,003 %	0,003 %
NO <sub>x</sub> (nitrozní plyny NO a NO <sub>2</sub> )	0,0005 %	0,00076 %
H <sub>2</sub> S (sirovodík)	0,001 %	0,00072 %
Jemný prach	4 mg/m <sup>3</sup>	-
Jemný křemen Ø < 5µm	0,125 mg/m <sup>3</sup>	-
Respirační azbestová vlákna	10.000/m <sup>3</sup>	-
CH <sub>4</sub> (metan)		Max. 1,5 % na plynujících dolech

Množství větrů musí být takové, aby zajistilo dodržení povolené koncentrace škodlivin způsobených exhalací zplodin po trhací práci a pojezdem mechanizace, poháněné vznětovými motory. Minimální rychlost větrů je dle Báňských předpisů 0,3 m/s.

Požadované množství čerstvého vzduchu je minimálně 2 m<sup>3</sup> pro pracovníky a 4 m<sup>3</sup> na instalovanou kW/min při nakládání a dopravě horniny a 2 m<sup>3</sup> na instalovanou kW/min při

dopravě a stříkání betonu při vybavení motorů katalyzátory a dodržení emisních limitů znečištění  $10 \text{ mg/m}^3$ .

Pro srovnání, Britská norma BS 6164 požaduje  $9 \text{ m}^3/\text{min}$  čerstvého vzduchu na  $\text{m}^2$  průřezu chodby a  $2 \text{ m}^3$  na  $1 \text{ kg}$  trhaviny a časový limit 15 až 20 minut na odvětrání čelby po trhací práci.

Větrání se zajišťuje pomocí ventilátorů a flexibilních nebo ocelových, případně laminátových luten. V České republice jsou používány průměry 315, 500, 630, 1000 a 1200 mm.



*Obr. 11: Příklad použití ocelových luten [22].*

## 2.2 Klasické ražení hornickým způsobem s využitím strojního rozpojování

### Rozpojování horniny pomocí impaktorů

Rozpojování hornin se provádí strojně nebo pomocí trhacích prací. Při mechanickém rozpojování se používají pneumatická nebo hydraulická kladiva. Impaktory jsou stroje se samohybnými podvozky s údernou rozpojovací hlavou umístěnou na výložníku.

Rozpojovací zařízení je tvořeno těžkým hydraulickým sbíjecím kladivem, opatřeným dlátem, kterým je přenášena kinetická energie z kladiva do horniny. Hmotnost kladiv se pohybuje od 200 do 800 kg při energii úderu 600 – 4300 J. Hydraulickým sbíjecím kladivem je možno rozpojovat středně pevné neabrazivní až středně abrazivní horniny s maximálními hodnotami tlakové pevnosti do 100 MPa, pokud jsou vrstevnaté. Pro rozpojování dlátem je právě vrstevnatost horniny rozhodujícím faktorem.

Výrobci jsou například firmy Krupp, Atlas – Copco nebo Arrowheap Company.



*Obr. 12: Použití impaktoru v praxi [23].*

V závislosti na pevnosti horniny se uvádí hodinový výkon (Tab. 2).

*Tab. 2: Hodinový výkon impaktoru v závislosti na pevnosti horniny [24].*

Pevnost horniny [MPa]	Výkon [m <sup>3</sup> /h]
40 – 50	40
70 – 80	26
80 – 100	20

Zejména u pevnosti horniny do 50 MPa je výkonnost impaktorů srovnatelná s vrtáním a trhací prací, ovlivňují ji však i další vlivy (vrtatelnost, úklon vrstev apod.).

### **Rozpojování horniny pomocí tunelbagrů**

Měkčí horniny (klasifikace 30 až 60 RMR) s pevností 30 – 40 MPa se dají rozpojovat tunelbagry o vysokém výkonu. Mají využití hlavně u větších profilů, kde je umožněno spojit operaci rozpojování horniny a jejího nakládání přímo do odvozních damperů. Výrobci jsou Libherr, Komatsu, JCB apod.

Tunelbagr sestává většinou z housenicového podvozku, dále pak z pohonné jednotky a kabiny. Hlavní pracovní nástroj je osazen na výložníku. Jedná se o lžíci, opatřenou zuby. Tyto zuby je nutno podle opotřebení vyměňovat.

Tunelbagry lze však použít i v profilech průzkumných štol, pokud mají odpovídající rozměry. Jedním z takovýchto příkladů je tunelbagr firmy Caterpillar.





*Obr. 13: Práce tunelbagru na čelbě v tunelu Dobrovský [25].*

Mechanicky rozpojenou horninu je však nutno nakládat a odvážet. Nakládání se realizuje pomocí samotného tunelbagru, který pohyblivou lžící nakládá materiál na přistavený dampr, nebo tak lze učinit pomocí mezi-výložníku. Jedná se o hřeblový dopravník, který vynáší materiál z prostoru těžené čelby na přistavený prostředek za bagrem, takovýmto mezi-výložníkem je vybaven například tunelbagr firmy Shaeff.



*Obr. 14: Tunelbagr firmy Shaeff s mezidopravníkovým výložníkem [26].*

## **Rozpojování horniny pomocí fréz a razících kombajnů**

Frézy a razící kombajny na housenicovém podvozku využívají principu řezání horniny o pevnosti 50 až 70 MPa dle typu a hmotnosti, pomocí řezacích hlav, které jsou osazeny noži. Výložníkový razící kombajn se skládá z rozpojovací řezné hlavy na výložníku, tělesa kombajnu, podvozku, nakládacího zařízení a vynášecího dopravníku. Podle rozpojovacího orgánu můžeme kombajny dělit na:

- a) Kombajny s válcovou (bubnovou) hlavou osazenou kotouči, případně rozpojovacími řetězy, či rošty s noži. V našich podmínkách se nepoužívají.
- b) Kombajny s frézou na výložníku, tvar frézy (hlavy) může mít kuželový, kulový, spirálový či sférický. Výložník se pohybuje po profilu čelby tím, že koná pohyby po pravoúhlých souřadnicích. Tyto kombajny jsou schopné razit díla různých tvarů (některé i kruhové). Podle osy rotace vrtací hlavy vzhledem k ose výložníku máme dvě konstrukční provedení.

- Osa rotace vrtací hlavy je shodná s osou výložníku (podélná osa rotace hlavy)
- Osa rotace vrtací hlavy je kolmá k ose výložníku (příčná osa rotace hlavy)

Pro osazení vrtací hlavy můžeme použít nože nejrůznějších konstrukcí. Důležitým faktorem je pak řezná rychlost nožů, kterou musíme přizpůsobit daným horninovým podmínkám. Při rozpojování měkkých hornin volíme řeznou rychlost až  $3,5 \text{ m.s}^{-1}$ , u středně tvrdých a obtížně razitelných hornin volíme pak rychlost 0,6 až  $1,7 \text{ m.s}^{-1}$ . Důležitým faktorem je pak chlazení nožů, které je zajištěno jejich postřikem tlakovou vodou.

Nakládací ústrojí může být klepetové, kotoučové, s lopatkovým oběhovým řetězem, nebo s křivkovým jednořetězovým hřeblovým dopravníkem.

Podvozek bývá nejčastěji housenicový, výjimečně kráčivý.



*Obr. 15: Razící kombajn s pásovým podvozkem [27].*

### **2.3 Ražení plnoprofilovými razícími stroji a mechanizovanými štíty**

Pokud provádíme ražbu dlouhé průzkumné štoly, můžeme využít kontinuálního způsobu těžby pomocí plnoprofilových razících strojů (TBM), či zeminových štítů. Toto řešení není příliš obvyklé, jelikož tyto stroje jsou nákladné, je pro ně nutno vytvořit startovací komoru a jejich použití se vyplatí při délce díla od 3 km, což je v našich podmínkách zatím nepotřebné. Ražení průzkumné štoly pomocí TBM bylo použito například na Slovensku při ražbě na tunelu Višňové.



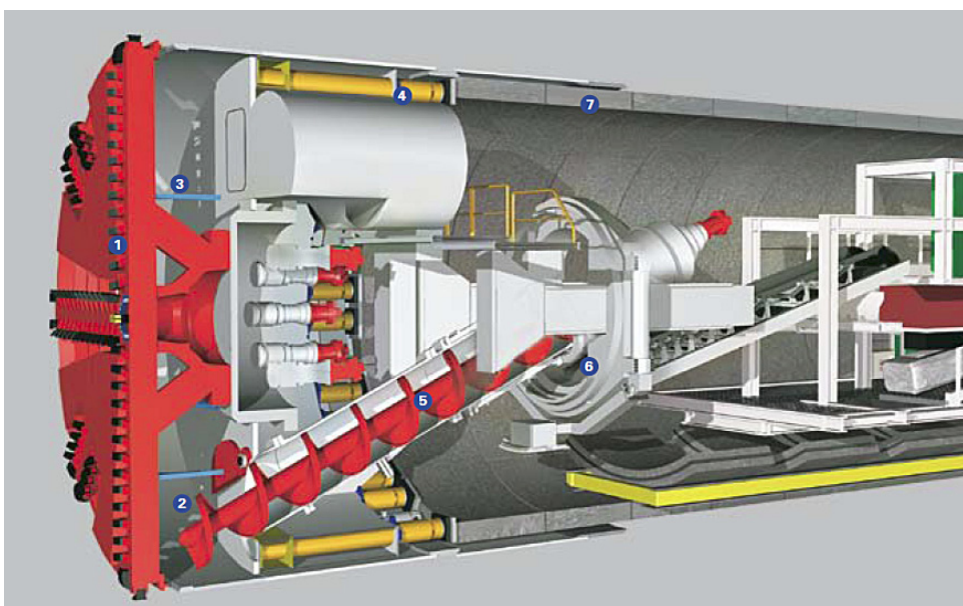
*Obr. 16: TBM při ražbě na tunelu Višňové [28].*

## **Ražení pomocí plnoprofilových razících strojů**

Plnoprofilové razící stroje jsou vhodné pro ražení ve stabilních horninách. Vyztužování se provádí následně za strojem. Fixace stroje v díle je řešena pomocí rozpěrných desek, a to do boků díla. Rozpojení horniny se provádí nejčastěji otáčivým pohybem celé rozpojovací hlavy, jež je osazena valivými dláty. Na rozpojovací hlavu je vyvíjen přítlak a hornina je tím pádem odřezávána a štípána.

## **Ražení pomocí mechanizovaných štítů**

Mechanizované štíty jsou určeny pro práci v nestabilních horninách. Jedná se o nesoudržné a soudržné horniny, a dále pak o porušené horniny. Pracovní prostor stroje je chráněn pláštěm, který je součástí celého štítu. Rozpojování je realizováno pomocí výložníku s rozpojovacím nástrojem, nebo pomocí plnoprofilové rozpojovací hlavy. Štít je stabilizován opřením obvodových lisů dozadu o trvalou výztuž, která je stavěna pod ochranou pláště (u zemin), nebo o prstenec rozepřený ve výlomu (u hornin). Rozpojovací zařízení může být různého druhu podle horniny. Ke stabilizaci čelby se využívá vlastní otáčivá hlava, u štítů s výložníky je možné i pažení čelby. Speciální štíty využívají ke stabilizaci čelby bentonitu, stlačeného vzduchu apod. Nemáme zde ovšem možnost vizuální kontroly čelby a horninového masivu, což je nevýhoda.



*Obr. 17: Schéma mechanizovaného zemního štítu [29].*



### 3 OVLIVNĚNÍ VELIKOSTI PRŮŘEZU ŠTOLY NA POUŽITÉ MECHANIZACI

Abychom mohli posoudit a optimalizovat velikost příčného průřezu průzkumné štoly, bylo nutné vytvořit několik profilů a vybavit je stejnou mechanizací. Srovnáním těchto profilů pak bylo možné uvážit a optimalizovat finální profil díla.

V našem případě jsme navrhli tři profily, lichoběžníkový a obloukový, jež zastupují klasické profily podzemních děl, a dále pak profil vhodný pro umístění do opěří finálního díla a k začlenění do vertikálního členění čelby.

#### 3.1 Volba mechanizace

Volba mechanizace nebyla jednoduchá z hlediska zajištění optimální velikosti profilu a přitom dostatečného výkonu a postupu čelby, kde musela být zvolena výkonná mechanizace s přijatelnými rozměry. Nabízelo se mnoho variant řešení a kombinací různé mechanizace jak pro rozpojování, tak pro odtěžení horniny z prostoru čelby, avšak po prostudování a zvážení všech variant jsme jako finální variantu mechanizace zvolili tuto:

- Rozpojení horniny – trhací práce, trhavina Perunit<sup>®</sup> E, elektrické rozbušky Dem – S
- Vrtání – Jedno lafetový vrtací vůz Atlas Copco Boomer M 1, který je osazen hydraulickým vrtacím kladivem Atlas Copco COP 1838ME

Rozměry:

Šířka: 2 400 mm

Výška s kabinou: 1 800 mm

Délka: 13 570 mm s lafetou BMH 2837

Bližší technické parametry jsou uvedeny v příloze č. 1



*Obr. 18: Vrtací vůz Atlas Copco Boomer M1 [30].*

- Vrtací kladivo - Hydraulické vrtací kladivo COP 1838ME

Vysokorychlostní hydraulické kladivo, jelikož předpokládáme v dílech součinitel pevnosti dle Protodjakonova  $f = 6$ , můžeme předpokládat střední rychlost vrtání až  $10 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ . Bližší technické parametry jsou uvedeny v příloze č. 2



*Obr. 19: Hydraulické vrtací kladivo COP 1838ME [31].*

- Odklíz horniny – přepravníkový nakladač Atlas Copco Scooptram ST1030.

Objem lžíce:  $4,16 \text{ m}^3$

Výška: 2 355 mm

Šířka: 2 490 mm

Bližší technické parametry jsou uvedeny v příloze č. 3



*Obr. 20: Přepravníkový nakladač Atlas Copco Scooptram ST1030 [32],*

- Vyztužení - Stroj na stříkání betonu (torkretovací stroj) – SSB 24 COM – V.

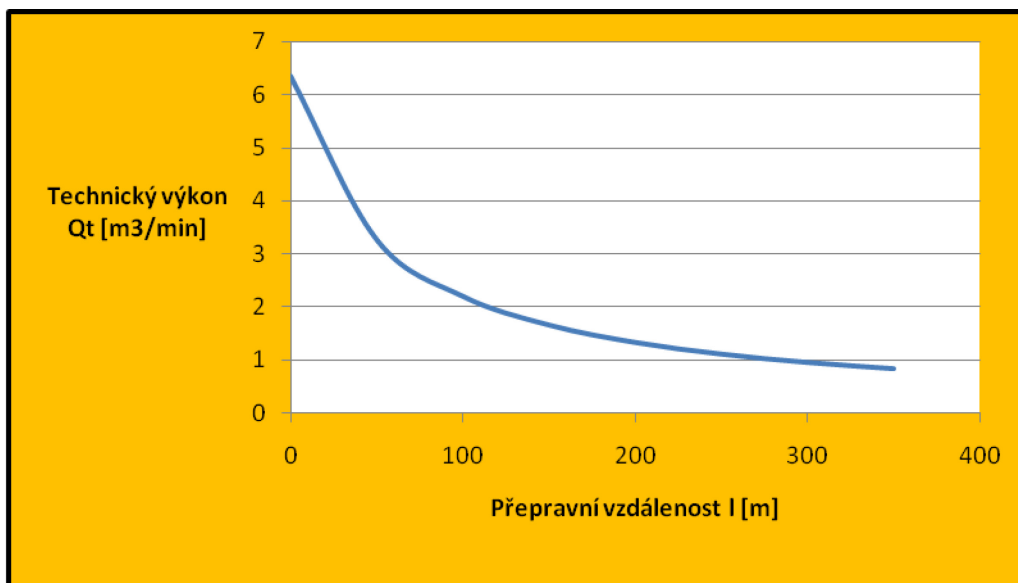
Výztuž bude realizována pomocí ocelových rámců v kombinaci s ocelovou mřížovinou a stříkaným betonem, předpokládaný výkon tohoto torkretovacího stroje je 4 – 6 m<sup>3</sup> /hod, což zcela postačí pro plánované příčné průřezy. Torkretovací stroj SSB 23 COM – V je určen pro nástřik betonových a žarobetonových směsí tzv. suchou cestou, při němž dochází ke zvlhčení dopravované směsi až v okamžiku jejího nástřiku.

Bližší technické parametry jsou uvedeny v příloze č. 4



*Obr 21: Torkretovací stroj - SSB 24 COM – V [33].*

Kombinace této mechanizace je poměrně rychlá a flexibilní, rovněž rozměry strojů nevyžadují zbytečně velké profily průzkumné štoly. Pro přepravníkový nakladač však musíme uvažovat vytvoření rozrážek po 200 metrech, kde budou umístěny točny. Při větší vzdálenosti by už bylo využití přepravníkového nakladače neekonomické jak je patrné z grafu č. 1.



*Graf č. 1: Závislost technického výkonu přepravníkového nakladače na přepravní vzdálenosti, při objemu lžíce  $q_o = 4,16 \text{ m}^3$*

### 3.2 Návrh profilů

Podle rozměrů mechanizace jsme tedy vytvořili tři příčné profily děl, které jsme následně porovnali s výpočtem, který je kompletně uveden v příloze. Zde uvádíme jen základní data a obrázek každého profilu.

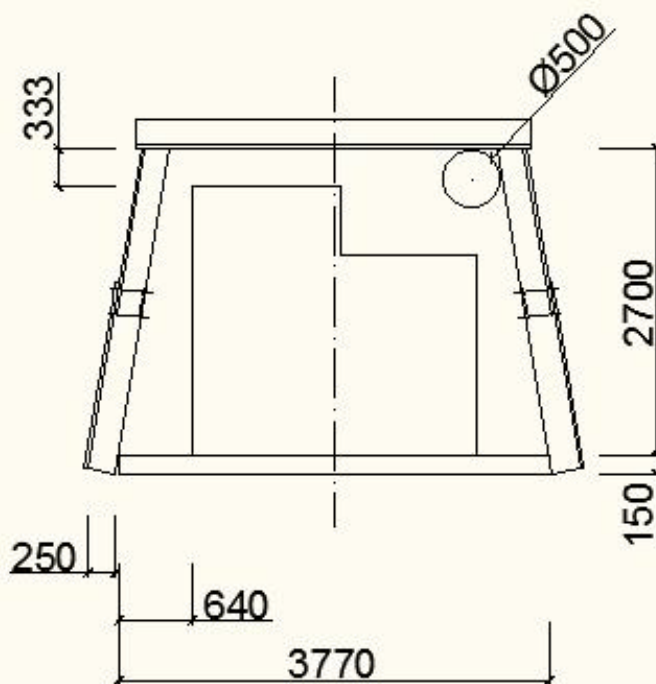


## Profil LB – O – 8

1. Profil díla	LB – O – 8
2. Plocha díla	12,56 m <sup>2</sup>
3. Výlom	21,1 m <sup>3</sup>
4. Zabírka	1,68 m
5. Počet vývrtů	28
6. Průměr vývrtů	32 mm
7. Typ trhaviny	Perunit <sup>®</sup> E
8. Celková hmotnost trhaviny	33,8 kg
9. Typ rozbušek	DeM -S
10. Ucpávka	foukaná písková
11. Typ roznětu, roznětnice, ohmmetr	elektrický, kondenzátorová s ohmmetrem

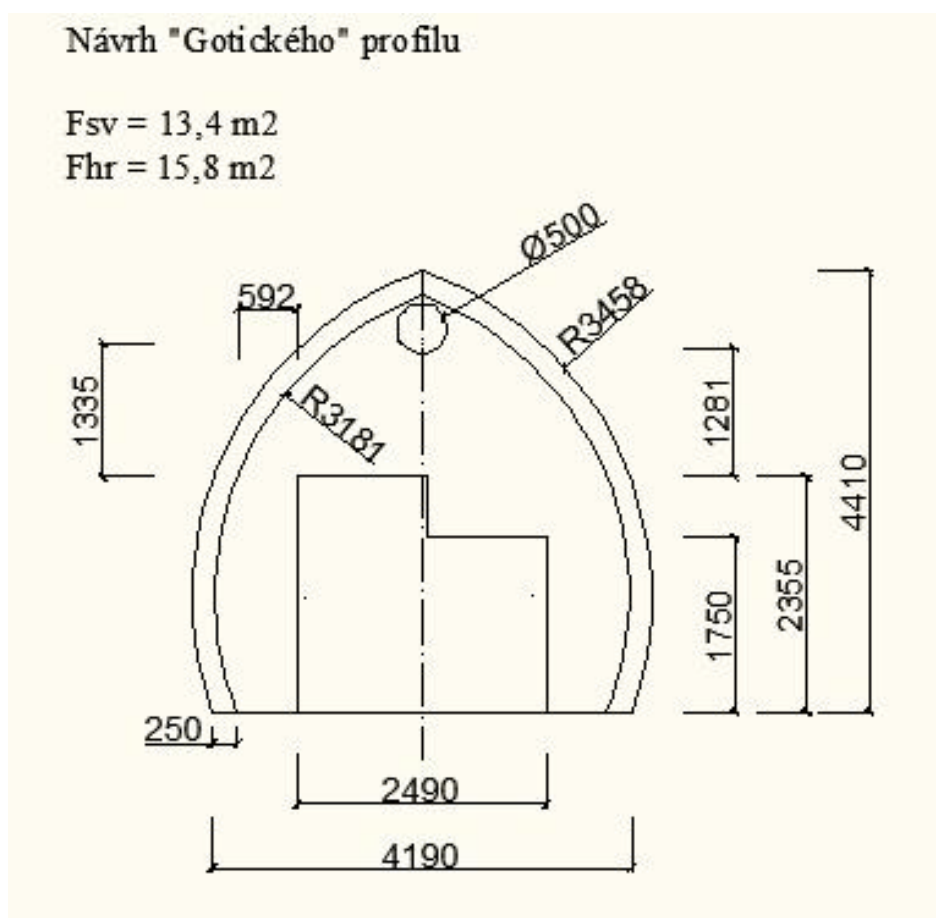
### Návrh profilu LB-O-8

F<sub>sv</sub> = 8,96 m<sup>2</sup>  
F<sub>hr</sub> = 12,56 m<sup>2</sup>



## „Gotický“ profil

1. Profil díla	„Gotický“ profil
2. Plocha díla	15,8 m <sup>2</sup>
3. Výlom	31,6 m <sup>3</sup>
4. Zabírka	2 m
5. Počet vývrtů	24
6. Průměr vývrtů	42 mm
7. Typ trhaviny	Perunit <sup>®</sup> E
8. Celková hmotnost trhaviny	51 kg
9. Typ rozbušek	DeM -S
10. Ucpávka	foukaná písková
11. Typ roznětu, roznětnice, ohmmetr	elektrický, kondenzátorová s ohmmetrem



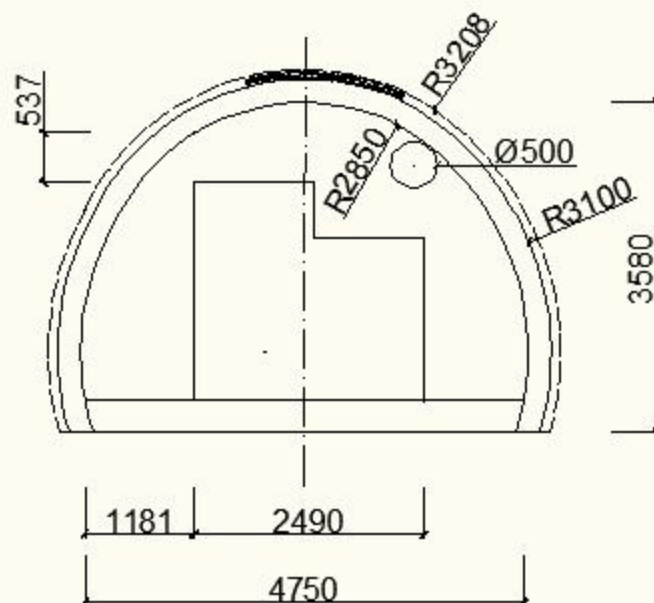
## Profil OO – O – 12

1. Profil díla	00-0-12
2. Plocha díla	17,8 m <sup>2</sup>
3. Výlom	42,72 m <sup>3</sup>
4. Zabírka	2,4 m
5. Počet vývrtů	28
6. Průměr vývrtů	42 mm
7. Typ trhaviny	Perunit <sup>®</sup> E
8. Celková hmotnost trhaviny	69 kg
9. Typ rozbušek	DeM -S
10. Ucpávka	foukaná písková
11. Typ roznětu, roznětnice, ohmetr	elektrický, kondenzátorová s ohmmetrem

### Návrh obloukového profilu OO -O-12

Fsv = 12,7 m<sup>2</sup>

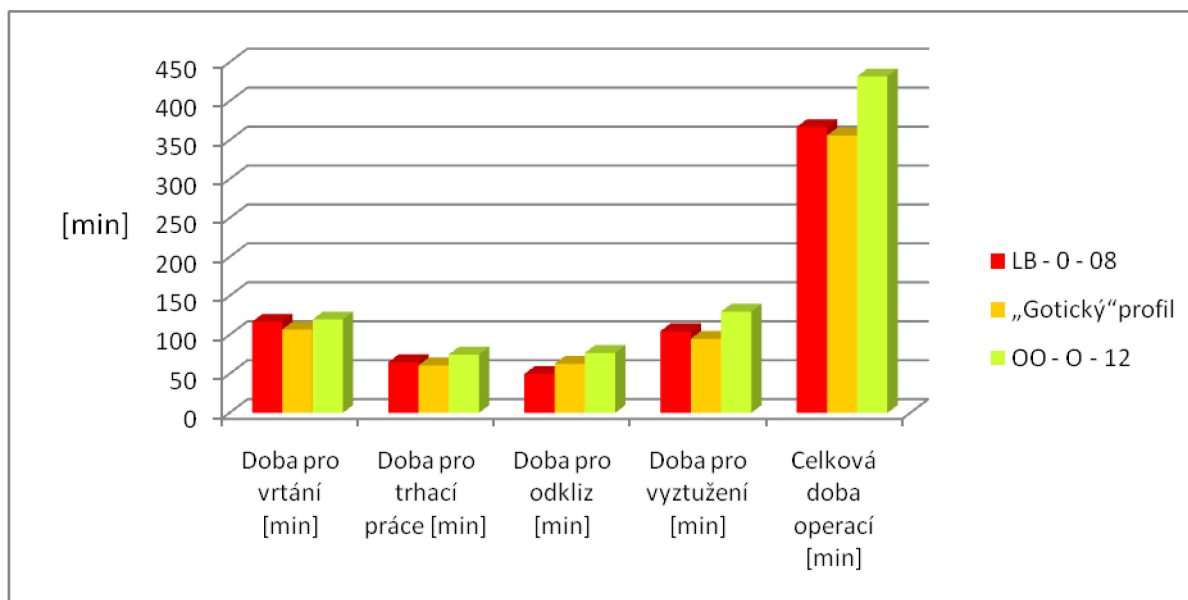
Fhr = 17,8 m<sup>2</sup>



Provedeme porovnání jednotlivých profilů podle výsledků:

Tab. 3: Porovnání profilů.

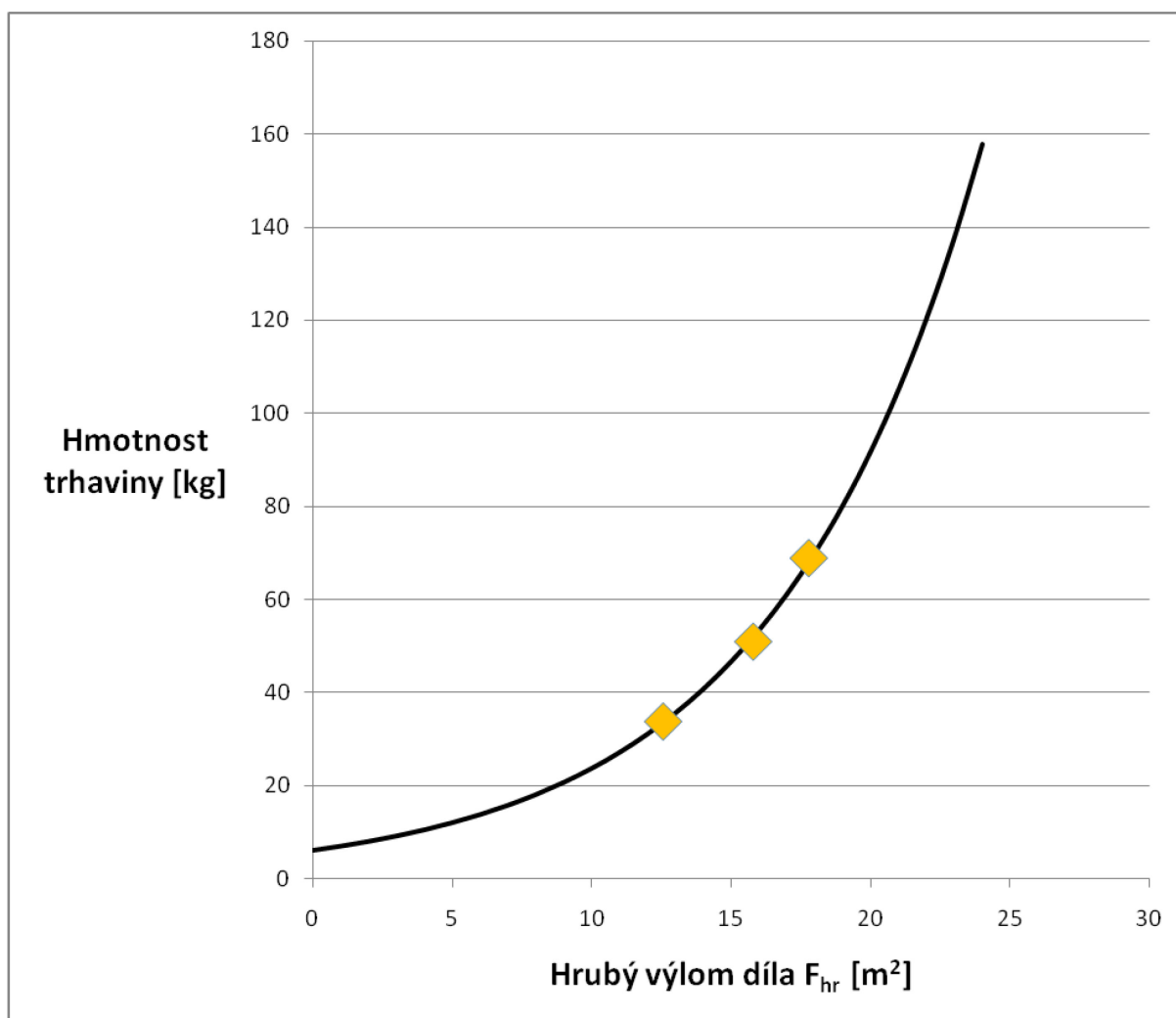
	LB - 0 - 08	„Gotický“profil	OO - O - 12
$F_{sv} [m^2]$	8,96	13,4	12,7
$F_{hr} [m^2]$	12,56	15,8	17,8
Zabírka [m]	1,68	2	2,4
Výlom [m <sup>3</sup> ]	21,61	31,6	42,72
Počet vývrtů	28	24	28
Hmotnost trhaviny [kg]	33,8	51	69
Doba pro vrtání [min]	117	107	120
Doba pro trhací práce [min]	65	61	75
Doba pro odkliz [min]	50	63	77
Doba pro vyztužení [min]	105	95	130
Celková doba operací [min]	367	356	432
Průměrný měsíční postup čelby (2 směny, 7 dní v týdnu) [m/mes]	120	152	150



Graf č. 2: Porovnání časových operací při ražbě průzkumné štoly

Tab. 4 Závislost hmotnosti nálože na výlomu

	LB - 0 - 08	„Gothický“profil	OO - O - 12
$F_{hr} [m^2]$	12,56	15,8	17,8
Výlom $[m^3]$	21,61	31,6	42,72
Hmotnost trhaviny [kg]	33,8	51	69



Graf č. 3: Závislost mezi plochou výlomu a hmotností nálože

Z tabulky č. 3 jsou patrné výsledné hodnoty výpočtů všech tří navrhovaných profilů. Podle průměrného měsíčního postupu můžeme říct, že lichoběžníkový profil LB – O – 08 má sice nejmenší hrubý příčný průřez, ale tím pádem i nejmenší zabírku a měsíční postup. Rozměry profilu jsou zde minimalizovány na rozměry mechanizace s přídavkem bezpečnostní mezery, takže volný prostor zde činí kolem 60 cm na obou stranách stroje.

Opakem lichoběžníkového profilu je obloukový profil O – OO – 12. Hrubý profil je zde zhruba o 5 m<sup>2</sup> větší, rozměr ale přesahuje teoretickou velikost průzkumné štoly, jež je 16 m<sup>2</sup>. Důvodem k volbě tohoto profilu byla dostatečná výška pro pojezd přepravníkového nakladače.

Je zde však větší zabírka a tím pádem i měsíční postup. Ve štolě je také dostatek prostoru kolem mechanizace, což může být bráno jako výhoda.

Cílem této práce měla být optimalizace profilu, tedy vytvoření rozměrově vhodného díla, kde máme dostatečný prostor pro mechanizaci a zároveň i dostatečný měsíční postup čelby. Tato myšlenka nás vedla k vytvoření třetího profilu, jež jsme nazvali „Gotický“ profil. Jak můžeme vidět podle tabulky č. 3, tak hrubý profil tohoto díla je o 2 m<sup>2</sup> menší než u obloukového profilu, ale přesto má srovnatelnou zabírku 2 m a výsledný průměrný měsíční postup je dokonce o 2 m větší než u obloukového profilu. Výpočtem jsme tedy dokázali předpoklad, že vhodný tvar a umístění profilu průzkumné štoly nám může přinést řadu výhod, jako je možnost zakomponování pomocí vertikálního členění do finálního díla, dostatečný prostor kolem mechanizace a slušný měsíční postup čelby. Jak je patrné z výpočtu, tak ušetříme až 18 kg trhaviny na jednu zabírku, což bude mít pozitivní vliv na výslednou cenu díla.

## 4 ZÁVĚR

Pokud se na konci této práce zamyslíme nad daným tématem, nemůžeme jednoznačně říci, že průzkumná štola nám zaručí stoprocentní bezpečnost celého díla a zamezí všem větším problémům. Pokud si ale nejsme jistí geologickými poměry na místě stavby a v okolí stavby, indikuje nám možné problémy. Řešení pomocí průzkumné štoly je jednoznačně jednou z nejlepších voleb. Nejen, že s její pomocí získáme dokonalý přehled o geologické situaci, ale získáme také další potřebné a užitečné informace, jako jsou výskyty poruch, podzemní vody, zatížení výztuže a zkoušení různých metod a zkoušek, které nám ulehčí práci při dimenzování finálního profilu a výztuže díla.

Pokud se ale rozhodneme vytvořit dílo, jakým je průzkumná štola, musíme se zaměřit hlavně na její efektivní využití a umístění v profilu budoucího díla. Navrhnout štolu tak, aby splnila všechna očekávání, jako jsou umístění, využití, rozměry, mechanizace, nebo měsíční postup čelby, není vůbec jednoduchým úkolem, jak jsme se sami přesvědčili v této práci. Pokud však vymyslíme vhodný profil čelby tak, aby odpovídal rozměrům mechanizace, která nám zajistí flexibilní a poměrně rychlý postup čelby a zároveň nepřekračoval stanovenou hranici velikosti příčného profilu díla, vytvoříme tak efektivní a maximálně využitou průzkumnou štolu, o čemž nás utvrdí i výsledný výpočet. Jak můžeme sami vidět z výpočtové části, volba konvenčních profilů nám nezaručí plné využití průzkumné štoly, proto je třeba vymyslet a vhodně zvolit profil jiného tvaru. V našem případě jsme zvolili profil, který bude umístěn v opěří budoucího díla a jehož tvar nám umožní profil průzkumné štoly využít pro následné vertikální členění čelby. Správnost tohoto návrhu jsme prokázali i výpočtem, kde jsme dosáhli většího měsíčního postupu, menších časů pro operace, menšího množství trhavin a zmenšení hrubého profilu díla o 2 m<sup>2</sup>. Všechny tyto faktory se nám projeví ve výsledné ceně a času, který budeme pro vyražení průzkumné štoly potřebovat. Tyto dva faktory jsou v dnešní době určujícím měřítkem a naší snahou by mělo být vždy vytvořit dílo, které je ekonomicky, časově a technicky přínosné pro celkové finální dílo.

Závěrem tedy můžeme říci, že pokud se rozhodneme pro vyražení průzkumné štoly, můžeme toto dílo vytvořit a navrhnout tak, aby bylo maximálně přínosné pro budoucí stavbu.

## 5 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A CITACE

Exner, Karel. *Ražení důlních děl*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1991, 240 s. ISBN 80-707-8077-0.

Exner, Karel. *Návody ke cvičením z předmětu ražení důlních děl*. Ostrava: ES VŠB-TUO, 1990, 177 s.

Kolymbas, Dimitrios. *Tunnelling and tunnel mechanics: and rational approach to tunnelling*. Berlin: Springer, c2005, 437 s. ISBN 3-540-25196-0.

### Citace:

[1],[2]. Exner, Karel. *Ražení důlních děl*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1991, 240 s. ISBN 80-707-8077-0.

[3]. Skupina Czech Coal. INFOTEA. *Czech Coal Group* [online]. [cit. 2012-04-09]. Dostupné z: <http://www.czechcoal.cz/cs/>

[4]. Těžíme uhlí. OKD, a.s. *OKD* [online]. [cit. 2012-04-09]. Dostupné z: <http://www.okd.cz/>

[5]. Tunel Blanka. SATRA, spol. s r.o. [online]. [cit. 2012-04-09]. Dostupné z: [http://www.tunelblanka.cz/pic\\_fotogalerie.php?photo=164](http://www.tunelblanka.cz/pic_fotogalerie.php?photo=164)

[6]. Tunelový komplex Blanka v Praze. EXPO DATA SPOL. S R.O. *Časopis Stavebnictví* [online]. [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=206>

[7]. Realizace tunelového komplexu Blanka a EXPO DATA SPOL. S R.O. *Časopis Stavebnictví* [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=1455>

[8]. Tunel v úseku 514 Lahovice – Slivenec pražského silničního okruhu. KONSTRUKCE MEDIA, s.r.o. *SILNICE, ŽELEZNICE* [online]. [cit. 2012-04-09]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/tunel-v-useku-514-lahovice-slivenec-prazskeho-silnicniho-okruhu/>

[9]. Silniční okruh kolem Prahy R1. *Dálnice-Silnice.cz* [online]. [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://www.dalnice-silnice.cz/R/R1.htm>



- [10]. Tunel Valík. © LENNY. *Dalnice - Silnice.cz* [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.dalnice-silnice.cz/valik.htm>
- [11]. Tunel Valík. © LENNY. *Dalnice - Silnice.cz* [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.dalnice-silnice.cz/valik.htm>
- [12]. Sil. I/42 Brno, VMO Dobrovského – průzkumné štoly. SUBTERRA A.S. *SUBTERRA* [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.subterra.cz/referencni-stavby-podzemni-stavby.tab.cs.aspx?Page=3&Division=&ItemId=2007-10-16-03-10-01&Year=>
- [13]. Sil. I/42 Brno, VMO Dobrovského – průzkumné štoly. SUBTERRA A.S. *SUBTERRA* [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.subterra.cz/referencni-stavby-podzemni-stavby.tab.cs.aspx?Page=3&Division=&ItemId=2007-10-16-03-10-01&Year=>
- [14]. Kospér a.s. DESIGNPARK. *KOSPER a.s.* [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.kospér.cz/nase-nabidka-praci-detail/8/>
- [15]. Kospér a.s. DESIGNPARK. *KOSPER a.s.* [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.kospér.cz/nase-nabidka-praci-detail/8/>
- [16]. Vrtání pro trhací práce malého rozsahu. *HORNICKÁ SKRIPTA* [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.hornictvi.info/prirucka/technika/malevrty.htm>
- [17]. Důlní vrtné soupravy. *HORNICKÁ SKRIPTA* [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: [http://www.hornictvi.info/prirucka/technika/d\\_vrty.htm](http://www.hornictvi.info/prirucka/technika/d_vrty.htm)
- [18]. Důlní nakladače. *HORNICKÁ SKRIPTA* [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.hornictvi.info/prirucka/technika/nakladac.htm>
- [19]. Důlní nakladače. *HORNICKÁ SKRIPTA* [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.hornictvi.info/prirucka/technika/nakladac.htm>
- [20]. Kolymbas, Dimitrios. *Tunnelling and tunnel mechanics: and rational approach to tunnelling*. Berlin: Springer, c2005, 437 s. ISBN 3-540-25196-0.
- [21]. MONTANEX A.S. *BÁŇSKÉ PŘEDPISY XXII. + CD NOVELIZOVANÉ VYDÁNÍ*. 46 s. ISBN 978-80-7225-248-0.

[22]. Lutna. *Korba* [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: [http://www.google.cz/imgres?q=v%C4%9Btrac%C3%AD+lutna&hl=cs&gbv=2&biw=1280&bih=619&tbn=isch&tbnid=2Lwi8hGhc\\_2ZEM:&imgrefurl=http://www.korba.cz/preview.php%3FID%3D3&docid=JiDhe0XVwMpDRM&imgurl=http://www.korba.cz/pms/obrazky/19.jpg&w=640&h=480&ei=9NXkTob5Oav24QSoodTIDA&zoom=1&iact=hc&vpx=173&vpy=144&dur=83&hovh=194&hovw=259&tx=180&ty=73&sig=111549768493361043756&page=1&tbnh=123&tbnw=164&start=0&ndsp=22&ved=1t:429,r:0,s:0](http://www.google.cz/imgres?q=v%C4%9Btrac%C3%AD+lutna&hl=cs&gbv=2&biw=1280&bih=619&tbn=isch&tbnid=2Lwi8hGhc_2ZEM:&imgrefurl=http://www.korba.cz/preview.php%3FID%3D3&docid=JiDhe0XVwMpDRM&imgurl=http://www.korba.cz/pms/obrazky/19.jpg&w=640&h=480&ei=9NXkTob5Oav24QSoodTIDA&zoom=1&iact=hc&vpx=173&vpy=144&dur=83&hovh=194&hovw=259&tx=180&ty=73&sig=111549768493361043756&page=1&tbnh=123&tbnw=164&start=0&ndsp=22&ved=1t:429,r:0,s:0)

[23]. Hydraulická bourací kladiva PROMOVE eXtreme Power. VEGA S.R.O. *Stavební technika* [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://stavebni-technika.cz/clanky/hydraulicka-kladiva-promove-extreme-power/>

[24]. Exner, Karel. *Návody ke cvičením z předmětu ražení důlních děl*. Ostrava: ES VŠB-TUO, 1990, 177 s.

[25]. "Mini" tunelbagr v profilu štol. ZONER SOFTWARE. *Chamra net*. [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.chamra.net/WEB/FOTO/Stola%20Dobrovskeho/ipage00004.htm>

[26]. Tunelbagr Shaeff. ZONER SOFTWARE. *Chamra net*. [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.chamra.net/WEB/FOTO/Tunel%20Dobrovskeho/ipage00003.htm>

[27]. Kombajny razící. ALL-BIZ LTD. *Allbiz* [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.ru.all.biz/cs/g670571/>

[28]. D1 tunel Višňové. PHPBB GROUP. *Www.dialnice.info* [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.dialnice.info/viewtopic.php?f=15&t=13132&start=1025>

[29]. Trasu A pražského metra z Dejvic do Motola budou razit Adéla a Tonda. BUSINESS MEDIA, s. r. o. *IMateriály* [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.imaterialy.cz/Aktuality/Trasu-A-prazskeho-metra-z-Dejvic-do-Motola-budou-razit-Adela-a-Tonda.html>

[30]. Boomer M1L. ATLAS COPCO HOLDING S.R.O. *Atlas Copco* [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.atlascopco.cz/czcs/products/navigationbyproduct/Product.aspx?id=2721724&productgroupid=1401284>

[31]. Hydraulické vrtací kladivo COP 1838ME. ATLAS COPCO HOLDING S.R.O. Atlas Copco [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z:

<http://www.atlascopco.cz/czcs/products/navigationbyproduct/Product.aspx?id=1495062>

[32]. Podzemní nakladač Scooptram ST1030. ATLAS COPCO HOLDING S.R.O. *Atlas Copco* [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z:

<http://www.atlascopco.cz/czcs/products/navigationbyproduct/Product.aspx?id=1471828&productgroupid=1401308>

[33]. Stroje na stříkání betonu (torkretovací stroje) – SSB 14 / SSB 24. FILAMOS S.R.O. *Filamos s.r.o.* [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.filamos.cz/stavebni-stroje/torkretovaci-stroje/ssb-14-24/>

## 6 PŘÍLOHY

- 1) Technická specifikace vrtacího stroje Atlas Copco Boomer M1L
- 2) Technická specifikace hydraulického vrtacího kladiva COP 1838 ME.
- 3) Technická specifikace nakladače Atlas Copco Scooptram ST1030
- 4) Technická specifikace torketovacího stroje Filamos SSB 24 COM – V
- 5) Výpočet a výkresy k profilu LB – O – 08
- 6) Výpočet a výkresy k „Gotickému“ profilu
- 7) Výpočet a výkresy k profilu OO – O – 12